

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 198 37 333 A 1

21 Aktenzeichen: 198 37 333.3
22 Anmeldetag: 18. 8. 1998
43 Offenlegungstag: 24. 2. 2000

(51) Int. Cl.⁷:
F 02 M 59/36
 F 02 M 51/00
 F 02 M 51/04
 F 02 M 57/02

DE 198 37 333 A 1

⑦1 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦4 Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

(72) Erfinder:
Boecking, Friedrich, 70499 Stuttgart, DE

56) Entgegenhaltungen:

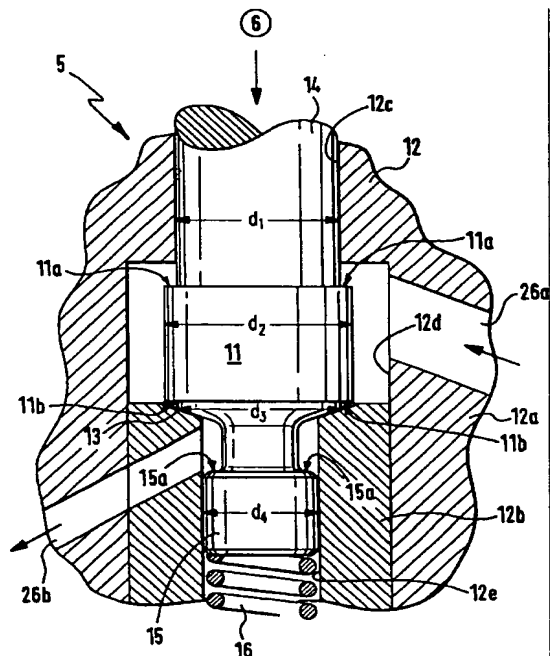
DE	41 42 998 C1
DE	43 23 683 A1
DE	39 35 373 A1
DE	37 32 553 A1
GB	23 11 336 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Steuereinheit zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit

(57) Die Erfindung betrifft eine Steuereinheit (4) zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit (2) mit einem Steuerventil (5) und einer mit diesem verbundenen Ventilbetätigungseinheit (6), wobei das Steuerventil (5) als ein in Strömungsrichtung nach innen öffnendes I-Ventil ausgebildet ist, das einen in einem Gehäuse (12) der Steuereinheit (4) axial verschiebbar gelagerten Ventilkörper (11) aufweist, der bei geschlossenem Steuerventil (5) von innen auf einem Ventilsitz (13) des Steuerventils (5) sitzt. Um eine Steuereinheit (4) zu schaffen, deren Steuerventil (5) geringer Ventilbetätigungskräfte bedarf und kurze Umschaltzeiten aufweist, schlägt die Erfindung eine Steuereinheit (4) vor, die gekennzeichnet ist durch eine derart ausgebildete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers (11), dass die Kräfte, die bei geschlossenem Steuerventil (5) durch den anliegenden Druck der Pumpeneinheit (2) auf den Ventilkörper (11) wirken, sich gegenseitig ausgleichen.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuereinheit zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit mit einem Steuerventil und einer mit diesem verbundenen Ventilbetätigungseinheit, wobei das Steuerventil als ein in Strömungsrichtung nach innen öffnendes I-Ventil ausgebildet ist, das einen in einem Gehäuse der Steuereinheit axial verschiebbar gelagerten Ventilkörper aufweist, der bei geschlossenem Steuerventil von innen auf einem Ventilsitz des Steuerventils sitzt.

Stand der Technik

Mit derartigen Steuereinheiten kann der Druckaufbau beliebiger Pumpeneinheiten gesteuert werden. Aus dem Stand der Technik sind bspw. Steuereinheiten bekannt, die den Druckaufbau von Pumpeneinheiten zum Aufbau eines Einspritzdrucks eines Einspritzsystems zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen steuern. Derartige Steuereinheiten sind üblicherweise als Magnetventile ausgebildet. Dabei ist die Ventilbetätigungseinheit als ein Elektromagnet ausgebildet, der das Steuerventil betätigt. Das Magnetventil ist im nicht erregten Zustand geöffnet. Dadurch ist ein freier Durchfluß von der Pumpeneinheit zu dem Niederdruckbereich des Einspritzsystems gegeben und somit ein Befüllen des Pumpenraumes mit Kraftstoff während des Saughubs des Pumpenkolbens und ein Rückströmen des Kraftstoffs während des Förderhubes möglich. Ein Ansteuern des Magnetventils während des Förderhubes des Pumpenkolbens schließt diesen Bypass. Dies führt zu einem Druckaufbau in dem Hochdruckbereich des Systems.

Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Steuereinheiten ist das Steuerventil üblicherweise als ein in Strömungsrichtung nach innen öffnendes sog. I-Ventil ausgebildet. I-Ventile haben gegenüber in Strömungsrichtung nach außen öffnenden sog. A-Ventilen den Vorteil, daß sie wesentlich einfacher und kostengünstiger zu fertigen sind.

Die bekannten Steuereinheiten haben jedoch den Nachteil, daß es zur Betätigung des Steuerventils durch die Ventilbetätigungseinheit eines beträchtlichen Kraftaufwands bedarf. Das hat seine Ursache darin, daß durch das bei geschlossenem Steuerventil mit hohem Druck anstehende Medium Druckkräfte auf den Ventilkörper wirken und die daraus resultierende Kraft in axialer Richtung bei der Betätigung des Steuerventils zu überwinden ist. Um die Ventilbetätigungskräfte zu reduzieren, werden nach dem Stand der Technik zwar häufig Federelemente verwendet, die der auf den Ventilkörper wirkenden resultierenden Kraft entgegenwirken. Diese Federelemente üben jedoch eine von dem Druck des in dem Steuerventil anstehenden Mediums unabhängige konstante Federkraft auf den Ventilkörper aus. Bei niedrigen Drücken kann diese Federkraft zu groß sein, bei höheren Drücken kann sie zu gering sein, so daß es in beiden Fällen eines beträchtlichen Kraftaufwands bedarf, um die Federkraft bzw. um die auf den Ventilkörper wirkende resultierende Kraft zu überwinden.

Aus diesem Grund müssen die Ventilbetätigungseinheiten nach dem Stand der Technik so gewählt werden, daß sie stets eine ausreichend große Kraft zur Betätigung der Steuerventile aufbringen können. Dazu bedarf es in der Regel besonders großbauender Ventilbetätigungseinheiten. Der Einsatz von piezoelektrischen Aktoren als Ventilbetätigungseinheiten ist bei den Steuerventilen der Steuereinheiten nach dem Stand der Technik ausgeschlossen, da die von diesen aufgetragenen Ventilbetätigungskräfte bzw. Ventilbetätigungshübe in der Regel nicht ausreichend groß sind, um

die bekannten Steuerventile zu betätigen.

Ein weiterer Nachteil der bekannten Steuereinheiten besteht darin, daß aufgrund der hohen Ventilbetätigungskräfte die Umschaltzeiten recht lang sind.

Aus den vorgenannten Nachteilen des Standes der Technik ergibt sich die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Steuereinheit zu schaffen, deren Steuerventil mit geringen Ventilbetätigungskräften betätigt werden kann und das kurze Umschaltzeiten aufweist.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung eine Steuereinheit der eingangs genannten Art vor, die gekennzeichnet ist durch eine derart ausgebildete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers, daß die Kräfte, die bei geschlossenem Steuerventil durch den anliegenden Druck der Pumpeneinheit auf den Ventilkörper wirken, sich gegenseitig ausgleichen.

Bei der erfindungsgemäßen Steuereinheit werden in vorteilhafter Weise die Druckkräfte des in dem Steuerventil anstehenden Mediums dazu verwendet, die Ventilbetätigungskräfte auf ein Minimum zu reduzieren, und zwar abhängig von dem Druck des anstehenden Mediums. Die auf den Ventilkörper wirkenden Druckkräfte kompensieren sich gegenseitig, so dass die resultierende Kraft gleich Null ist. Dazu weisen die in Strömungsrichtung nach innen gerichtete axial wirksame Oberfläche und die in Strömungsrichtung nach außen gerichtete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers die gleiche Fläche auf. Durch das an dem Ventilkörper anstehende Medium wirken auf den Ventilkörper an den beiden axial wirksamen Oberflächen gleich große, aber entgegengerichtete Druckkräfte, die sich gegenseitig ausgleichen. Bei der Betätigung des Steuerventils sind somit nur andere Kräfte als die aus den Druckkräften resultierende Kraft zu überwinden, bspw. Reibungs- oder Federkräfte. Die axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers kann auch derart ausgebildet sein, dass die resultierende Kraft den anderen Kräften entgegenwirkt, so dass sich in der Summe aller auf den Ventilkörper wirkenden Kräfte minimale Ventilbetätigungskräfte ergeben.

Aufgrund der geringen Ventilbetätigungskräfte weist die erfindungsgemäße Steuereinheit in vorteilhafter Weise sehr kurze Umschaltzeiten auf. Die Umschaltzeiten betragen etwa $100 \cdot 10^{-6}$ s.

Der Querschnitt durch den Ventilkörper und der Verlauf des Ventilsitzes können eine beliebige Kontur aufweisen. In der Praxis überwiegen u. a. aus herstellungstechnischen Gründen runde Formen, bspw. Kreise oder Ellipsen. Es sind aber auch Konturen denkbar, die keinen runden Verlauf aufweisen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß der Ventilkörper einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und mittels eines in Strömungsrichtung innen liegenden ersten Führungselements in dem Gehäuse axial verschiebbar gelagert ist, und dass der Ventilsitz einen kreisringförmigen Verlauf aufweist, und daß der Außendurchmesser des ersten Führungselements gleich dem Außendurchmesser des Ventilsitzes ist. Bei dieser Weiterbildung ist in Strömungsrichtung innen liegend und nach innen gerichtet um das erste Führungselement herum eine erste kreisringförmige axial wirksame Fläche ausgebildet. Um den Ventilsitz herum ebenfalls in Strömungsrichtung innen liegend ist eine nach außen gerichtete gleich große zweite kreisringförmige axial wirksame Fläche ausgebildet. Der Druck des bei geschlossenem Steuerventil an dem Ventilkörper anstehenden Mediums erzeugt an den beiden gleich großen kreisringförmigen Flächen gleich große Druckkräfte. Die Druckkräfte sind einander entgegengerichtet und gleichen sich aus. Die Ventilbetätigungskräfte sind somit bei beliebigem, an dem Ventilkörper auftretendem

Druck minimal.

Um eine sichere Führung des Ventilkörpers in dem Gehäuse der Steuereinheit sicherstellen zu können, ist der Ventilkörper gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform mittels eines in Strömungsrichtung außen liegenden zweiten Führungselements in dem Gehäuse axial verschiebbar gelagert. Damit ist der Ventilkörper zu beiden Seiten des Ventilsitzes durch ein Führungselement in dem Gehäuse axial bewegbar gelagert. Dadurch kann eine vollflächige Auflage des Ventilkörpers auf dem Ventilsitz und eine zuverlässige Dichtungsfunktion des Ventilsitzes sichergestellt werden.

Um ein zu abruptes Zurückfahren des Ventilkörpers beim Öffnen des Steuerventils zu verhindern, wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, daß das zweite Führungselement eine derart ausgebildete axial wirksame Oberfläche aufweist, daß die Kräfte, die bei geöffnetem Steuerventil durch den anliegenden Druck auf den Ventilkörper wirken, sich gegenseitig nahezu ausgleichen. Bei geöffnetem Steuerventil wird die in Strömungsrichtung nach außen gerichtete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers um einen Bereich vergrößert, der bei geschlossenem Steuerventil durch den Ventilsitz von dem an dem Ventilkörper anliegenden Druck abgeschirmt ist. Bei geöffnetem Steuerventil führt der anliegende Druck zu einer in Strömungsrichtung nach innen gerichteten, auf den Ventilkörper wirkenden Kraft. Das zweite Führungselement weist eine um den Ventilkörper herum verlaufende, in Strömungsrichtung nach innen gerichtete axial wirksame Oberfläche auf, auf die bei geöffnetem Steuerventil der anliegende Druck wirkt und zu einer nach außen gerichteten, auf den Ventilkörper wirkenden Kraft führt. Unabhängig von der Größe des anliegenden Drucks gleichen sich die beiden Kräfte nahezu aus. Dadurch kann bei beliebig hohem Druck stets ein kontrolliertes Zurückfahren des Ventilkörpers sichergestellt werden.

Vorzugsweise ist zwischen dem Ventilkörper und dem Gehäuse ein Federelement angeordnet, das den Ventilkörper in einem nicht aktivierten Zustand der Ventilbetätigungseinheit in einer Durchlaßstellung von dem Ventilsitz wegdrückt. Bei einer nicht aktivierten Ventilbetätigungseinheit ist das Steuerventil somit geöffnet, d. h. das von der Pumpeneinheit zu pumpende Medium kann frei von der Pumpeneinheit zu dem Niederdruckbereich des Systems und wieder zurück fließen. In der Durchlaßstellung des Steuerventils ist somit ein Befüllen des Pumpenraumes mit dem zu pumpenden Medium während des Saughubes des Pumpenkolbens und ein Rückströmen des Mediums während des Förderhubs möglich.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Ventilbetätigungseinheit als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet. Die Vorteile der erfindungsgemäßen Steuereinheit kommen insbesondere zum Tragen, wenn das Steuerventil von einem piezoelektrischen Aktor angesteuert wird. Da bei der erfindungsgemäßen Steuereinheit zur Betätigung des Steuerventils keine bzw. äußerst geringen Ventilbetätigungskräfte aufgebracht werden müssen, kann der maximale Hub eines piezoelektrischen Aktors genutzt werden. Und das insbesondere deshalb, da bei geschlossenem Steuerventil nur kleinste Kraftreserven der Ventilbetätigungseinheit notwendig sind, um das Steuerventil in der geschlossenen Stellung zu halten.

Um die Montage der Steuereinheit zu erleichtern, wird vorgeschlagen, daß das Gehäuse zweiteilig aufgebaut ist, daß das erste Gehäuseteil eine erste axiale Bohrung zur Aufnahme des ersten Führungselements und eine koaxiale zweite Bohrung mit einem größeren Durchmesser aufweist, in die der Zulauf von der Pumpeneinheit mündet, und daß an der in Strömungsrichtung innen liegenden Stirnseite des

zweiten Gehäuseteils der Ventilsitz ausgebildet ist und das zweite Gehäuseteil in einem Abstand von dem Boden der zweiten Bohrung in dieser angeordnet ist.

Durch den mindestens zweiteiligen Aufbau kann der Ventilkörper bequem und ohne großen Aufwand zwischen den einzelnen Gehäuseteilen angeordnet und relativ zu diesen positioniert werden. Durch Zusammenfügen der einzelnen Gehäuseteile zu dem fertigen Gehäuse kann der Ventilkörper auf einfache Weise in einer definierten Position innerhalb des Gehäuses angeordnet werden.

Durch das Einbringen zweier koaxialer Bohrungen in das erste Gehäuseteil der Steuereinheit kann der Versatz des Ventilkörpers relativ zu dem Gehäuse vermindert werden. Die erste und die zweite Bohrung können in einem Arbeitsgang, d. h. ohne den Bohrer nach der ersten Bohrung absetzen und vor der zweiten Bohrung neu ansetzen zu müssen, in das erste Gehäuseteil eingebracht werden. Somit ist der Achsversatz zwischen der ersten und der zweiten Bohrung auf ein Minimum reduziert. Das zweite Gehäuseteil ist vorteilhafterweise in die zweite Bohrung eingepresst oder geschraubt.

Vorteilhafterweise ist das zweite Gehäuseteil als eine Buchse ausgebildet, die eine dritte Bohrung zur Aufnahme des zweiten Führungselements aufweist.

Um den Achsversatz zwischen der dritten Bohrung und der ersten bzw. zweiten Bohrung zu minimieren, wird gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung vorgeschlagen, daß zwischen dem ersten Führungselement und der ersten Bohrung ein kleines Spiel und zwischen dem zweiten Führungselement und der dritten Bohrung ein größeres Spiel ausgebildet ist. Das ist ohne weiteres möglich, da zwischen dem zweiten Führungselement und der dritten Bohrung lediglich ein niedriger Ablaufdruck anliegt. Im Hochdruckbereich der Steuereinheit sorgt das geringe Spiel zwischen dem ersten Führungselement und der ersten Bohrung für eine ausreichende Abdichtung.

Das Spiel zwischen dem ersten Führungselement und der ersten Bohrung beträgt vorzugsweise etwa $2 \text{ bis } 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ und das Spiel zwischen dem zweiten Führungselement und der dritten Bohrung beträgt etwa $8 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Einspritzsystem zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen mit einer Pumpeneinheit zum Aufbau eines Einspritzdrucks und dann zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse in den Verbrennungsraum.

Um ein solches Einspritzsystem dahingehend weiterzubilden, daß es besonders kurze Ansprechzeiten aufweist, damit eine besonders genaue Steuerung der Kraftstoffeinspritzung möglich ist, schlägt die Erfindung ausgehend von einem Einspritzsystem der oben genannten Art vor, daß das Einspritzsystem eine Steuereinheit der oben genannten Art aufweist. Ein derartiges Einspritzsystem kann bspw. als eine Pumpe-Düse-Einheit (PDE) oder als ein Pumpe-Leitung-Düse-System (PLD) ausgebildet sein.

Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer Steuereinheit der oben genannten Art.

Um bei der Herstellung der Steuereinheiten den Achsversatz zu minimieren, schlägt die Erfindung vor, daß

- ein Ventilkörper mit dem in Strömungsrichtung innen liegenden ersten Führungselement und dem außen liegenden zweiten Führungselement ausgebildet wird,
- in ein erstes Gehäuseteil eine erste Bohrung zur Aufnahme des ersten Führungselements und eine koaxiale zweite Bohrung mit einem größeren Durchmesser eingebracht werden,

- in ein zweites Gehäuseteil eine dritte Bohrung zur Aufnahme des zweiten Führungselements eingebracht wird,
- an einer in Strömungsrichtung nach innen gerichteten Stirnseite des zweiten Gehäuseteils ein Ventilsitz ausgebildet wird,
- der Ventilkörper mit dem ersten Führungselement in die erste Bohrung eingepasst wird und
- das zweite Gehäuseteil derart in die zweite Bohrung eingepasst und darin befestigt wird, dass das zweite Führungselement in die dritte Bohrung eingepasst wird.

Die erste und die zweite Bohrung werden in einem Arbeitsgang in das Gehäuse eingebracht, d. h. ohne den Bohrer nach der ersten Bohrung abzusetzen und ohne ihn vor der zweiten Bohrung neu anzusetzen. Somit ist der Achsversatz zwischen der ersten und der zweiten Bohrung auf ein Minimum reduziert. Lediglich das zweite Gehäuseteil mit der dritten Bohrung muß relativ zu den ersten zwei Bohrung derart positioniert werden, daß der Achsversatz möglichst gering ist.

Dazu wird vorteilhafterweise zwischen dem ersten Führungselement und der ersten Bohrung ein Spiel von etwa 2 bis $4 \cdot 10^{-6}$ m und zwischen dem zweiten Führungselement und der dritten Bohrung ein Spiel von etwa 8 bis $10 \cdot 10^{-6}$ m vorgesehen.

Im folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Einspritzsystem; und

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Steuereinheit im Ausschnitt.

In **Fig. 1** ist ein Einspritzsystem in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen **1** gekennzeichnet. Das Einspritzsystem **1** dient zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkt einspritzenden Verbrennungskraftmaschinen. Es weist eine Pumpeneinheit **2** zum Aufbau eines Einspritzdrucks und zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse **3** in den Verbrennungsraum auf. Desweiteren weist das Einspritzsystem **1** eine Steuereinheit **4** auf, mit einem schematisch dargestellten Steuerventil **5** und einer Ventilbetätigungseinheit **6** zur Steuerung des Druckaufbaus in der Pumpeneinheit **2**.

Das Einspritzsystem **1** ist als eine Pumpe-Düse-Einheit (PDE) ausgebildet. Bei der PDE bilden die Pumpeneinheit **2** und die Einspritzdüse **3** eine Einheit. Pro Motorzylinder wird eine PDE **1** in den Zylinderkopf **7** der Verbrennungskraftmaschine eingebaut und entweder direkt über einen Stößel oder indirekt über Kipphebel von einer Motor-Nockenwelle (nicht dargestellt) über eine Betätigung **8** angetrieben.

Ein Pumpenraum **9** der Pumpeneinheit **2** ist über Bypass-Bohrungen **26** mit dem Steuerventil **5** der Steuereinheit **4** verbunden. Das Steuerventil **5** ist im nicht erregten Zustand der elektrischen Steuereinheit **4** geöffnet. Dadurch ist ein freier Durchfluss von der Pumpeneinheit **2** zu dem Niederdruckbereich des Systems gegeben und somit ein Befüllen des Pumpenraumes **9** während des Saughubes eines in dem Pumpenraum **9** axial bewegbaren Pumpenkolbens **10** und ein Rückströmen des Kraftstoffes während des Förderhubes möglich (vgl. Pfeile in den Bypass-Bohrungen **26** (Zulauf) und **26b** (Ablauf)).

Ein Ansteuern der Steuereinheit **4** während des Förderhubes des Pumpenkolbens **10** schließt diesen Bypass. Dies führt zu einem Druckaufbau in dem Hochdruckbereich und nach Überschreiten des Öffnungsdrucks der Einspritzdüse **3** zum Einspritzen von Kraftstoff in den Verbrennungsraum

der Verbrennungskraftmaschine. Der Schließzeitpunkt der Steuereinheit **4** bestimmt somit den Einspritzbeginn und die Schließdauer der Steuereinheit **4** die Einspritzmenge.

Bei dem in **Fig. 1** dargestellten Einspritzsystem **1** ist die Ventilbetätigungseinheit **6** der Steuereinheit **4** als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet. Das Steuerventil **5** ist als ein nach innen öffnendes I-Ventil ausgebildet, das einen Ventilkörper **11** aufweist, der in der Strömungsrichtung auf einen Ventilsitz **13** wirkt und das Steuerventil **5** schließt.

Das Steuerventil **5** wird in **Fig. 2** anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Für die gleichen Bauteile werden in **Fig. 2** übereinstimmende Bezugszeichen verwendet.

Das Steuerventil **5** ist in der Zeichnung von oben, d. h. in Strömungsrichtung nach innen, mit der Ventilbetätigungseinheit **6** verbunden. Das Steuerventil **5** weist einen in einem Gehäuse **12** der Steuereinheit **4** axial verschiebbar gelagerten Ventilkörper **11** auf. Der Ventilkörper **11** sitzt bei geschlossenem Steuerventil **5** in Strömungsrichtung von innen auf dem Ventilsitz **13**. Der Ventilkörper **11** weist ein in Strömungsrichtung innen liegendes und in dem Gehäuse **12** axial verschiebbar gelagertes erstes Führungselement **14** auf und hat einen kreisförmigen Querschnitt. Der Ventilsitz **13** hat einen kreisbogenförmigen Verlauf. Der Durchmesser d_1 des ersten Führungselements **14** ist gleich dem Durchmesser d_3 des Ventilsitzes **13**. Dadurch ergeben sich zwei gleich große, in entgegengesetzter Richtung axial wirksame Flächen **11a** und **11b** des Ventilkörpers (**11**). Bei geschlossenem Steuerventil **5** liegt über die Bypass-Bohrung **26a** ein Druck der Pumpeneinheit **2** an dem Ventilkörper **11** an. Der Druck wirkt in axialer Richtung auf die beiden kreisringförmigen axial wirksamen Flächen **11a** und **11b** und führt zu zwei gleich großen, auf den Ventilkörper in axialer Richtung wirkenden entgegengesetzt gerichteten Kräften, die sich ausgleichen. Die Ventilbetätigungskräfte sind somit minimal.

Der Ventilkörper **11** weist außerdem ein in Strömungsrichtung außen liegendes und in dem Gehäuse **12** axial verschiebbar gelagertes zweites Führungselement **15** auf mit einer nach innen gerichteten axial wirksamen Fläche **15a**. Durch die Fläche **15a** wird ein abruptes Zurückfahren des Ventilkörpers **11** beim Öffnen des Steuerventils **5** verhindert.

Bei geöffnetem Steuerventil **5** wird die in Strömungsrichtung nach außen gerichtete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers **11** um einen Bereich vergrößert, der bei geschlossenem Steuerventil **5** durch den Ventilsitz **13** von dem an dem Ventilkörper **11** anliegenden Druck abgeschirmt ist. Bei geöffnetem Steuerventil **5** führt der anliegende Druck zu einer in Strömungsrichtung nach innen gerichteten, auf den Ventilkörper **11** wirkenden Kraft. Das zweite Führungselement **15** weist eine um den Ventilkörper **11** herum verlaufende, in Strömungsrichtung nach innen gerichtete axial wirksame Fläche **15a** auf, auf die bei geöffnetem Steuerventil **5** der anliegende Druck wirkt und zu einer nach außen gerichteten, auf den Ventilkörper **11** wirkenden Kraft führt. Unabhängig von der Größe des anliegenden Drucks gleichen sich die beiden Kräfte nahezu aus.

Um die Herstellung der erfindungsgemäßen Steuereinheit **4** zu vereinfachen, ist das Gehäuse **12** zweiteilig aufgebaut. Das erste Gehäuseteil **12a** weist eine erste axiale Bohrung **12c** zur Aufnahme des ersten Führungselements **14** und eine koaxiale zweite Bohrung **12d** mit einem größeren Durchmesser auf, in die der Zulauf (Bypass-Bohrung **26a**) von der Pumpeneinheit mündet. Das zweite Gehäuseteil **12b** ist als eine Buchse ausgebildet, in die eine dritte Bohrung **12e** zur Aufnahme des zweiten Führungselements **15** eingebracht ist. An der in Strömungsrichtung innen liegenden Stirnseite des zweiten Gehäuseteils **12b** ist der Ventilsitz **13** ausgebil-

det. Das zweite Gehäuseteil 12b ist in einem Abstand zum Boden der zweiten Bohrung 12d in dieser angeordnet. Das zweite Gehäuseteil 12b ist in die zweite Bohrung 12d eingepresst oder geschrumpft.

Zwischen dem ersten Führungselement 14 und der ersten Bohrung 12c ist ein Spiel von etwa $2 \text{ bis } 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ausgebildet, und zwischen dem zweiten Führungselement 15 und der dritten Bohrung 12e ist ein Spiel von etwa $8 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ausgebildet. Durch das geringe Spiel zwischen dem ersten Führungselement 14 und der ersten Bohrung 12c und dem größeren Spiel zwischen dem zweiten Führungselement 15 und der dritten Bohrung 12e kann ein Versatz des Ventilkörpers 11 in dem Gehäuse 12 möglichst gering gehalten werden.

Der Ventilkörper 11 wird durch ein als Druckfeder ausgebildetes Federelement 16, das zwischen Gehäuse 12 und Ventilkörper 11 angeordnet ist bei inaktivem Ventilbetätigungselement 6 in einer Durchlassstellung von dem Ventilsitz 13 in Strömungsrichtung nach innen weggedrückt. Durch Aktivieren des Ventilbetätigungselements 6 wird der Ventilkörper 11 in einer Schließstellung gegen den Ventilsitz 13 gedrückt.

Patentansprüche

1. Steuereinheit (4) zur Steuerung des Druckaufbaus in einer Pumpeneinheit (2) mit einem Steuerventil (5) und einer mit diesem verbundenen Ventilbetätigungseinheit (6), wobei das Steuerventil (5) als ein in Strömungsrichtung nach innen öffnendes I-Ventil ausgebildet ist, das einen in einem Gehäuse (12) der Steuereinheit (4) axial verschiebbar gelagerten Ventilkörper (11) aufweist, der bei geschlossenem Steuerventil (5) von innen auf einem Ventilsitz (13) des Steuerventils (5) sitzt, **gekennzeichnet durch** eine derart ausgebildete axial wirksame Oberfläche des Ventilkörpers (11), daß die Kräfte, die bei geschlossenem Steuerventil (5) durch den anliegenden Druck der Pumpeneinheit (2) auf den Ventilkörper (11) wirken, sich gegenseitig ausgleichen.
2. Steuereinheit (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkörper (11) einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und mittels eines in Strömungsrichtung innen liegenden ersten Führungselements (14) in dem Gehäuse (12) axial verschiebbar gelagert ist, daß der Ventilsitz (13) einen kreisringförmigen Verlauf aufweist und daß der Außendurchmesser des ersten Führungselements (14) gleich dem Außendurchmesser des Ventilsitzes (13) ist.
3. Steuereinheit (4) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkörper (11) mittels eines in Strömungsrichtung außen liegenden zweiten Führungselements (15) in dem Gehäuse (12) axial verschiebbar gelagert ist.
4. Steuereinheit (4) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Führungselement (15) eine derart ausgebildete axial wirksame Oberfläche aufweist, daß die Kräfte, die bei geöffnetem Steuerventil (5) durch den anliegenden Druck auf den Ventilkörper (11) wirken, sich gegenseitig nahezu ausgleichen.
5. Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilbetätigungseinheit (6) als ein piezoelektrischer Aktor ausgebildet ist.
6. Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (12) zweiteilig aufgebaut ist, daß das erste Gehäuseteil (12a) eine erste axiale Bohrung (12c) zur Aufnahme des ersten Führungselements (14) und eine koaxiale zweite

Bohrung (12d) mit einem größeren Durchmesser aufweist, in die der Zulauf von der Pumpeneinheit (2) mündet, und daß an der in Strömungsrichtung innen liegenden Stirnseite des zweiten Gehäuseteils (12b) der Ventilsitz (13) ausgebildet ist und das zweite Gehäuseteil (12b) in einem Abstand von dem Boden der zweiten Bohrung (12d) in dieser angeordnet ist.

7. Steuereinheit (4) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Gehäuseteil (12b) in die zweite Bohrung (12d) eingepresst oder geschrumpft ist.

8. Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Gehäuseteil (12b) als eine Buchse ausgebildet ist, die eine dritte Bohrung (12e) zur Aufnahme des zweiten Führungselements (15) aufweist.

9. Steuereinheit (4) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Führungselement (14) und der ersten Bohrung (12c) ein kleines Spiel und zwischen dem zweiten Führungselement (15) und der dritten Bohrung (12e) ein größeres Spiel ausgebildet ist.

10. Steuereinheit (4) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Führungselement (14) und der ersten Bohrung (12c) ein Spiel von etwa $2 \text{ bis } 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ausgebildet ist und/oder zwischen dem zweiten Führungselement (15) und der dritten Bohrung (12e) ein Spiel von etwa $8 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ausgebildet ist.

11. Einspritzsystem (1) zur Kraftstoffzufuhr in einen Verbrennungsraum von direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen mit einer Pumpeneinheit (2) zum Aufbau eines Einspritzdrucks und dann zum Einspritzen des Kraftstoffs über eine Einspritzdüse (3) in den Verbrennungsraum, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspritzsystem (1) eine Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 aufweist.

12. Verfahren zur Herstellung einer Steuereinheit (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß

- ein Ventilkörper (11) mit einem in Strömungsrichtung innen liegenden ersten Führungselement (14) und einem außen liegenden zweiten Führungselement (15) ausgebildet wird,
- in ein erstes Gehäuseteil (12a) eine erste Bohrung (12c) zur Aufnahme des ersten Führungselements (14) und eine koaxiale zweite Bohrung (12d) mit einem größeren Durchmesser eingebracht werden,
- in ein zweites Gehäuseteil (12b) eine dritte Bohrung (12e) zur Aufnahme des zweiten Führungselements (15) eingebracht wird,
- an einer in Strömungsrichtung nach innen gerichteten Stirnseite des zweiten Gehäuseteils (12b) ein Ventilsitz (13) ausgebildet wird,
- der Ventilkörper (11) mit dem ersten Führungselement (14) in die erste Bohrung (12c) eingepaßt wird und
- das zweite Gehäuseteil (12b) derart in die zweite Bohrung (12d) eingepaßt und darin befestigt wird, daß das zweite Führungselement (15) in die dritte Bohrung (12e) eingepaßt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Führungselement (14) und der ersten Bohrung (12c) ein Spiel von etwa $2 \text{ bis } 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ vorgesehen wird und/oder zwischen dem zweiten Führungselement (15) und der dritten Bohrung (12e) ein Spiel von etwa $8 \text{ bis } 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ vorgesehen

wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

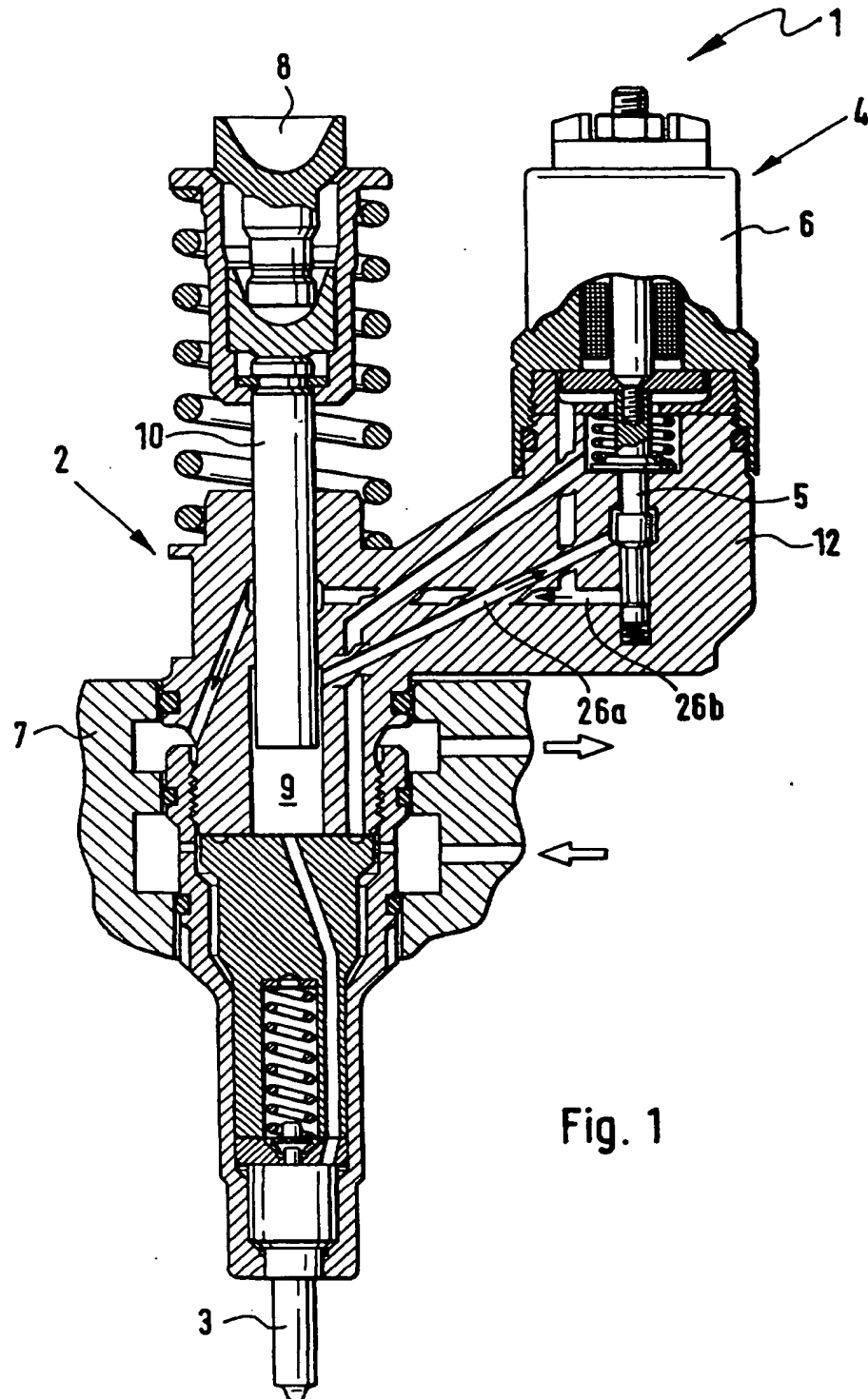
45

50

55

60

65



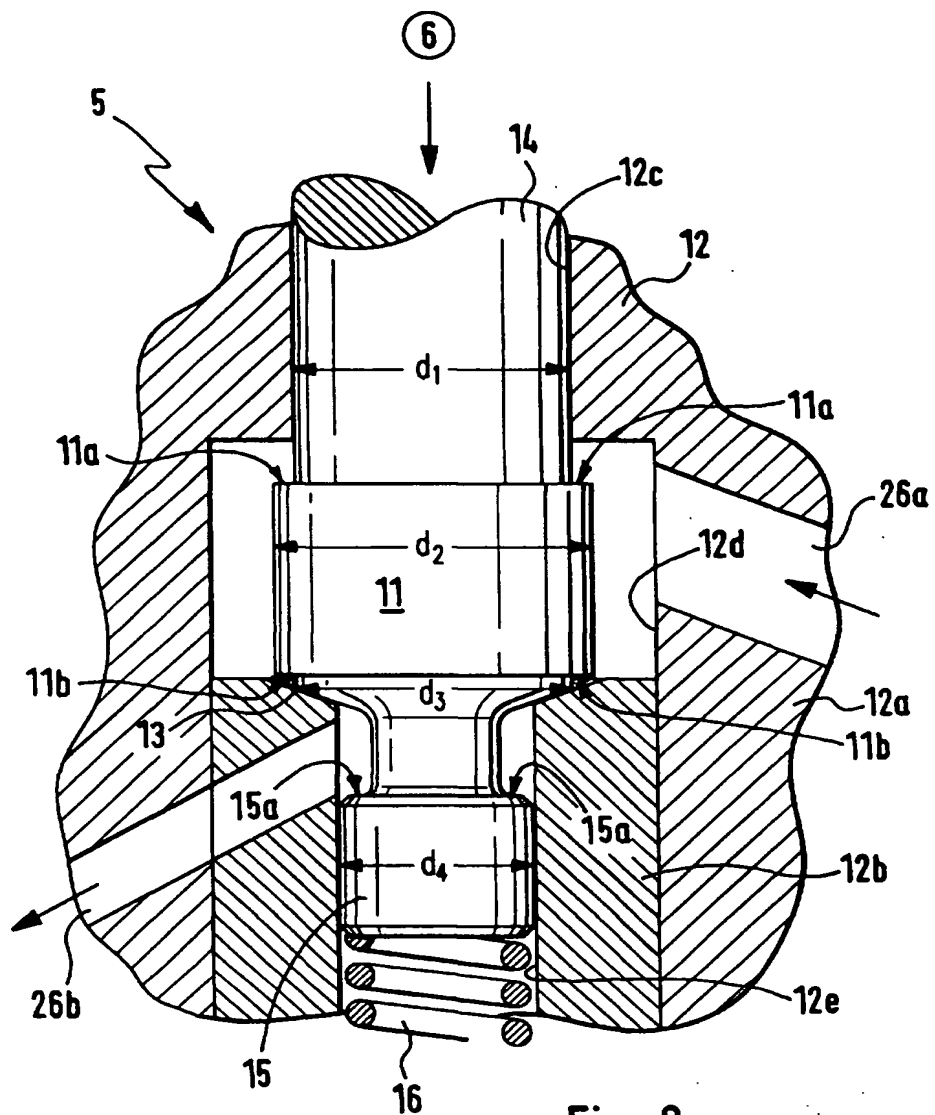


Fig. 2